

氏名・(本籍)	にし 西	かわ 川	まなぶ 学	(静岡県)
学位の種類	工	学	博	士
学位記番号	工博乙第	7	号	
学位授与の日付	昭和60年3月22日			
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当			
学位論文題目	可変微小容量コンデンサの研究			
論文審査委員	(委員長) 教授	増井	敏郎	
	教授	新井	智一	教授 宇野 正美
	教授	助川	徳三	教授 高崎 宏
	教授	野畑	金弘	

論文内容の要旨

電気容量の微小変化測定に要求される分解能と精度は、近年、年とともに高くなっている。たとえば、容量素子や記憶素子の構成要素として研究されている誘電薄膜の誘電特性測定には、試料の膜厚が $0.01\mu\text{m}$ の場合、 $1 \times 10^{-5}\text{pF}$ の分解限界が要求される。しかし、従来容量変化測定に用いられてきた置換用可変コンデンサの容量微小調節の原理は機械的機構に負うところが大きく、近年の要求に対して十分な分解限界が得られていない。

これは、間隙変化型のコンデンサにおいても、対向面積変化型のコンデンサであっても、容量の変化は電極の機械的変位によって得られるから、測定の分解能を高めるためには可動範囲を大きくしなければならないが、電極の可動範囲を大きくすれば容量変化も大きくなるからである。

そのため筆者は、機械的に一体化された直並列可変容量回路に含まれる一つのコンデンサを構成する電極を変位させることにより、極めて微小な容量を高い分解能で変化させる方式の高分解高安定可変微小容量コンデンサを考案した。

本論文は、この考案にもとづく分解限界 $1 \times 10^{-6}\text{pF}$ の可変微小容量コンデンサの原理、実用装置の開発における問題とその解決、およびこの可変微小容量コンデンサの実用性と効果を応用実験により確認した結果について述べたものである。

この可変微小容量コンデンサを実現させるために、まず直列可変容量を機械的に一体化した直列型可変コンデンサについて検討を行った。しかし、一体構成上の理由から容量変化の縮小率に限度があった。そのため、これにバイアス容量が加えられた直並列型可変コンデンサについて考察し、容量変化の縮小率を増大できることを確認した。

しかし、これは直並列容量回路を構成する直列容量が硝子コンデンサで構成されているので、測

定周波数が高くなると損失を無視することができなくなる。そこで、この直列容量を空気コンデンサ化した低損失並列型可変コンデンサを考案した。ところが、この低損失型においては、一体化構成上の理由から直列容量を構成する空気コンデンサが機械的に不安定であり、置換用可変コンデンサとして望ましくないことが判明した。

そこで、これらの結果を評価し組合せることにより、機械的構成に最も適合し、かつ分解能も高い回路構成が考案された。この方法により実現されたのが高分解高安定可変微小容量コンデンサである。

この可変微小容量コンデンサの特長は、電気的な回路構成と機械的な構成とが適合した変換系により容量変化の縮小がなされているため、電極の機械的変位量を大きくとりながら容量の変化量を小さく保つことができ、これにより測定精度が保証されることである。

たとえば、試作可変微小容量コンデンサを対向配置して、分解限度 $\Delta C_{10\mu\text{m}} = 1 \times 10^{-6} \text{pF}$ (容量変化範囲 $0 \sim 1.68 \times 10^{-2} \text{pF}$) が得られている。この分解限界は、従来のどのような可変コンデンサよりすぐれたものであり、現在市販されている分解限界 $\Delta C_{1\mu\text{m}} = 2 \times 10^{-4} \text{pF}$ の同心円筒型可変コンデンサに比べて、2桁以上小さい。

しかし、この可変微小容量コンデンサでは、基本的には平行板コンデンサの間隙を変化させて得られる容量変化を利用しているため、機械的変位に対する容量変化が直線でない。実用上、コンデンサの容量変化は直線的であることが望ましい。そこで筆者は可変電極の変位に対し直線的な容量変化が得られる極板挿入型と同心円筒型の二つの方式による直線形可変微小容量コンデンサの可能性について提案した。

次に筆者は、これらの効果を確認するため、従来測定がむつかしかった薄い膜の特性測定を例にとり、次の二つの実験を行った。

第1は、対向配置平行板コンデンサの大きな容量変化縮小特性を利用した試料膜の厚みと比誘電率の同時測定である。この測定原理を述べ、さらに公称厚み $25 \sim 4 \mu\text{m}$ のポリエステルフィルムの厚みと比誘電率の同時測定を行い、良い精度で膜の特性を測定できることを確認した。

第2は、本研究で考案された高分解高安定可変微小容量コンデンサを用いた膜特性の測定である。この可変微小容量コンデンサは分解能も高く、容量目盛も正確に較正されているから、これを用いて平行板電極の間隙に試料膜を挿入したときの微小な容量増加を可動電極の変位量に置換して膜特性を測定することができる。この測定原理を述べ、前述のポリエステルフィルムよりさらに薄い Langmuir 膜の厚みと比誘電率の同時測定を行った。この結果、従来測定がむつかしかった厚み $0.1 \mu\text{m}$ の薄い膜の特性測定が、この可変微小容量コンデンサの開発により可能となったことが確認された。

本研究により考案された高分解高安定可変微小容量コンデンサは、微小容量変化測定における標準器として使用可能なことが期待される。